

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES
EAUX MINÉRALES
D'ALLEVARD

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

(SECTION DE PHARMACIE)

Présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Le 19 Février 1921

PAR

Henri LESTRA

Pharmacien de 1^{re} classe

Ex-préparateur à l'Institut Bactériologique de Lyon

Né à SAINT-ETIENNE (Loire), le 29 Décembre 1894

TOULOUSE

E.-H. GUITARD, LIBRAIRE-ÉDITEUR
Ancienne Librairie Marqueste

1921

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES
EAUX MINÉRALES
D'ALLEVARD



THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

(SECTION DE PHARMACIE)

Présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Le 19 Février 1921

PAR

Henri LESTRA

Pharmacien de 1^{re} classe

Ex-préparateur à l'Institut Bactériologique de Lyon

Né à SAINT-ETIENNE (Loire), le 29 Décembre 1894

TOULOUSE

E.-H. GUITARD, LIBRAIRE-ÉDITEUR
Ancienne Librairie Marqueste

1921

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM LÉPINE..... DOYEN.
HUGOUNENQ..... ASSESSEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, SOULIER, CAZENEUVE,
BEAUVISAGE, LACASSAGNE, TESTUT

PROFESSEURS

Cliniques médicales.....	MM. TEISSIER.
Cliniques chirurgicales.....	ROQUE.
Clinique obstétricale et accouchements.....	BARD.
Clinique ophtalmologique.....	TIXIER.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.....	BERARD.
Clinique neurologique et psychiatrique.....	FABRE.
Clinique des maladies des enfants.....	ROLLET.
Clinique des maladies des femmes.....	NICOLAS.
Clinique d'oto-rhino-laryngologie.....	LÉPINE (J.).
Clinique des maladies des voies urinaires.....	WEILL.
Clinique chirurgicale des maladies des enfants.....	POLLOSSON (A.)
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie.....	LANNOIS.
Chimie biologique.....	ROCHET.
Chimie organique et Toxicologie.....	NOVÉ-JOSSERAND.
Matière médicale et Botanique.....	CLUZET.
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.....	HUGOUNENQ.
Anatomie.....	MOREL.
Anatomie générale et Histologie.....	MOREAU.
Physiologie.....	GUIART.
Pathologie interne.....	LATARJET.
Pathologie et Thérapeutique générales.....	POLICARD.
Anatomie pathologique.....	DOYON.
Médecine opératoire.....	COLLET.
Médecine expérimentale et comparée.....	MOURIQUAND.
Médecine légale.....	PAVIOT.
Hygiène.....	VILLARD.
Thérapeutique.....	ARLOING (F.).
Pharmacologie.....	ETIENNE MARTIN
	COURMONT (P.).
	PIC.
	FLORENCE.

PROFESSEURS ADJOINTS

Pathologie externe.....	VALLAS
Propédeutique de gynécologie.....	CONDAMIN.
Chimie minérale.....	BARRAL.
Accouchements.....	COMMANDEUR.
Urologie.....	GAYET.

CHARGES DE COURS COMPLEMENTAIRES

Anatomie topographique.....	PATEL.
Botanique.....	BRETIN.
Embryologie.....	HOVELACQUE.
Stomatologie.....	TELLIER.

ACREGES

MM.	MM.	MM.	MM.
NOGIER.	GARIN.	DUROUX.	CORDIER.
BRETIN.	SAVY.	HOVELACQUE.	ROUBIER.
LERICHE.	FROMENT.	TRILLAT.	FAVRE.
THEVENOT (Léon).	THEVENOT (Lucien).	SARVONAT.	MURARD.
TAVERNIER.	PIERY.	FLORENCE. (G)	BONNET.
CADE.	COTTE.	ROCHAIX.	GRAVIER, chargé des fonctions.

M. BAYLE, secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. MOREL, *Président*; MOREAU, *Assesseur*;
MM. BRETIN et ROCHAIX, *Agrégés*.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PÈRE, A MA MÈRE

*qui trouveront ici l'expression de
ma reconnaissance filiale pour leur
tendresse et leur bonté à mon égard.*

A MON FRÈRE

Pharmacien Licencié-ès-Sciences

*pour les témoignages d'affection et
de dévouement qu'il m'a donnés en
toutes circonstances.*

A MES PARENTS

A MES AMIS

cuivre, arsenic. Ce sont ces éléments que nous voyons jouer, même à l'état de traces, un rôle prépondérant qu'on pourrait qualifier de catalytique dans la chimie biologique. Peut-être faudrait-il chercher, là aussi, un des principes de l'activité des eaux minérales. C'est pourquoi, dans la dernière partie de ce travail, nous nous attacherons à la recherche et au dosage de ces principes minéraux.

Toutes ces questions seront successivement abordées, après que nous aurons fait un bref historique, donné une idée de l'origine géologique de l'eau, et une description sommaire de l'établissement et de la source.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE - ORIGINE GÉOLOGIQUE SITUATION

La source se trouve dans la gorge du Bréda où elle a jailli en 1791, à la suite d'un tremblement de terre. C'est en 1837 que Dupasquier en fit l'analyse, mais jusqu'en 1852 l'installation est restée sommaire, puisqu'elle se bornait à une cuve en bois, abritée par un bâtiment. Les malades venaient seulement prendre des bains. En 1852, le docteur Niepce créait la méthode des inhalations gazeuses, et faisait bâtir une, puis plusieurs salles d'inhalations. C'est de 1894 que date l'installation actuelle que nous décrirons après avoir dit l'origine géologique de l'eau.

De Launay, dans son livre sur la recherche, le captage et l'aménagement des sources thermominérales, écrit :

« L'origine de l'eau d'Allevard est évidemment due au trias qui affleure à très peu de distance à

l'est (cargneules, marnes bariolées avec gypse). On suppose que la réduction partielle du sulfate est due au bitume, dont les terrains du lias sont imprégnés. Cette région est, on le sait, remarquable par l'abondance de ses filons de sidérose, de chalcopyrite ou de cuivre gris. »

L'installation actuelle comporte deux bâtiments distincts. L'un s'élève au-dessus du puits, où est recueillie l'eau de la source, dont le trop-plein s'évacue dans le torrent voisin, le Bréda. On l'appelle « la source » et là les malades peuvent boire l'eau, prendre des pulvérisations, se gargariser. A 300 mètres de là, se trouve l'établissement proprement dit, où non seulement tous les modes de traitement ci-dessus peuvent être employés, mais encore où l'eau est utilisée au traitement par la méthode des inhalations gazeuses. Trois pompes distribuent l'eau nécessaire aux besoins de « la source » et de l'établissement. D'après les renseignements recueillis, des tuyaux en verre assuraient autrefois la distribution. Ils ont été abandonnés pour des conduites en métal.

Cette eau, qui n'est pas une eau sulfureuse, car elle ne contient pas plus de sulfures que de sulfhydrates, mais sulfhydriquée, car elle est chargée d'hydrogène sulfuré libre, est une eau froide (température : 16° 9). L'analyse de Dupasquier, sensiblement semblable à celle de Wilhm, lui donne les teneurs suivantes en sels :

Sulfate de soude... ..	o gr. 535 par litre.
— de magnésie.....	o gr. 523 —

Sulfate de chaux.....	o gr. 298	—
Chlorure de sodium.....	o gr. 503	—
— de magnésium. .	o gr. 062	—
Carbonate de magnésium.	o gr. 062	—
— de chaux.....	o gr. 305	—
Silice et fer.....	o gr. 005	—
H ² S.	24 cc ³ 75	—
CO ²	97 cc ³	—
Azote.	41 cc ³	—

Le débit de la source peut être de 1.500 à 2.000 hectolitres par jour. Wilhm a confirmé l'analyse de Dupasquier signalant, en outre, de l'iodure de potassium et de l'arsenic.

CHAPITRE II

DOSAGES DE H^2S DANS LES EAUX ET L'ATMOSPHÈRE DES SALLES

1° - Différence de teneur en H^2S de l'eau à la source et à l'établissement

L'eau qui a servi à ces essais comparatifs a été recueillie, d'une part, à la buvette de l'établissement, d'autre part, à la buvette de « la Source ». En outre, nous avons recueilli, pour y doser H^2S , l'eau minérale chauffée. On peut admettre, en effet, que, dans les conduites, une partie de H^2S passe, de l'état de solution à l'état gazeux, et cela en quantité d'autant plus forte que le parcours y aura été plus long. Au robinet, cet H^2S s'échappe dans l'atmosphère, tandis que celui qui est à l'état de solution reste dans le verre du malade. Dans ces conditions, il semble naturel qu'on trouve dans l'eau de la buvette de la source, plus d'hydrogène sulfuré que dans celle de la buvette de l'établissement. Cette remarque vaut aussi pour l'eau

qui est utilisée aux pulvérisations et aux gargarismes. C'est ce que confirment les dosages suivants :

a) A 500 cc³ des divers échantillons, on ajoute 25 cc³ de solution N/100 d'iode. On titre par l'hyposulfite de soude N/100 la quantité d'iode restée libre. La différence donne la quantité d'iode absorbée par H²S, suivant l'équation :



Dans ces conditions, on obtient :

A la buvette de la source : 0 gr. 0272 de H²S par litre.

A la buvette de l'établissement : 0 gr. 0229.

A la buvette, pour l'eau chauffée (temp. 23°) : 0 gr. 0134 par litre et en convertissant ces résultats en volume de gaz à 0°, sous une pression de 760° on a :

$$\text{A la source : } \frac{1000 \times 0,0272}{1,1895} = 22 \text{ cc}^3 \text{ 86.}$$

$$\text{A l'établissement : } \frac{1000 \times 0,02295}{1,1895} = 19 \text{ cc}^3 \text{ 30.}$$

$$\text{Pour l'eau chauffée : } \frac{1000 \times 0,0134}{1,1895} = 11 \text{ cc}^3 \text{ 26.}$$

Ces résultats expliquent l'observation faite par les médecins traitants d'une activité plus grande de l'eau prise à la source, soit comme boisson, soit comme gargarismes, soit en pulvérisations.

Enfin, il faut signaler un autre élément de variation de la teneur en éléments gazeux et spécialement en hydrogène sulfuré. C'est le degré d'activité des pompes. Ce fait avait déjà été observé par le docteur Niepce. « Il semble, écrivait-il, que

matin et soir, à l'ouverture de la buvette, l'eau soit moins acide que dans le courant de la distribution aux malades; cela n'a rien de surprenant, l'acidité étant due aux acides carbonique et sulfhydrique contenus dans l'eau, comme ils sont très volatils, ils disparaissent rapidement lorsqu'on laisse l'eau s'approvisionner ». Cette différence est bien plus sensible si les pompes n'ont pas fonctionné pendant longtemps et nous avons pu faire cette remarque, comme nous le verrons plus loin, en puisant l'eau nécessaire pour la recherche de la radio-activité.

2° - Dosage de H^2S dans l'atmosphère des salles d'inhalations chaudes et froides

Ici une description de ces salles s'impose :

a) *Salles d'inhalations froides.* — Au centre de la salle se trouve un jet d'eau minérale, dirigé de bas en haut, qui va se briser contre une vasque renversée et qui retombe en pluie dans un récipient d'où cette même eau déborde sur une série de vasques placées les unes au-dessus des autres. De la sorte, l'eau ne quitte la salle, par le plancher, qu'après avoir été maintes fois en contact avec l'atmosphère. « L'eau a si bien perdu son hydrogène sulfuré qu'en arrivant dans la vasque du bas elle ne contient plus que 0 cc³ 08 de H^2S par

litre » (D^r Revillet). Dans cette salle, le malade respire donc uniquement l'air extérieur, chargé des émanations gazeuses de l'eau. Le malade ne pénètre que lorsque le jet d'eau a fonctionné 20 minutes et pendant tout son séjour, l'eau continue à circuler, chargeant l'atmosphère de ses gaz.

b) *Salles d'inhalations chaudes.* — Là, la température est de 32° et l'air est chargé de vapeur d'eau. Cette vapeur arrive par le plancher. C'est tout ce qui distingue ces salles des salles d'inhalations froides, l'arrivée et la division de l'eau minérale étant assurées par le même dispositif dans les unes que dans les autres.

Procédés de prélèvement et de dosage de l'eau

On prépare un certain nombre d'ampoules de verre, scellées, contenant chacune 1 cc³ exactement mesuré de solution N/100 d'iode.

D'autre part, on remplit des bouteilles en verre blanc de 1 litre avec de l'eau distillée.

Ces bouteilles sont vidées dans les salles dont on veut prélever l'atmosphère, on les laisse bien égoutter et on introduit dans chacune d'elles, avant de boucher et de paraffiner, 5 ampoules préparées comme ci-dessus. On brise alors ces ampoules par choc contre les parois des bouteilles,

on laisse 3 jours en contact en ayant soin d'agiter de temps en temps. Une bouteille est alors débouchée et on y introduit rapidement un papier à l'acétate de plomb pour s'assurer qu'il n'y a plus d'hydrogène sulfuré libre.

On procède alors, en présence d'empois d'amidon fraîchement préparé, au dosage, dans les autres bouteilles, de l'iode resté libre par l'hyposulfite de soude N/1.000. Voici les résultats obtenus :

a) *Salles d'inhalations froides.*

Pour 25 cc³ sol N/100 d'iode mis en œuvre, 246 cc³ sol N/1000 d'hyposulfite ont été nécessaires pour supprimer la coloration bleue.

H²S a donc absorbé 25 cc³ — 24 cc³ 6 = 0 cc³ 4 N/100 d'iode, ce qui correspond à 0,00017 × 0,4 = 0 milligr. 068 de H²S, ou en cc³ : $\frac{1000 \times 0,000068}{1,1895} = 0 \text{ cc}^3 057$ pour CINQ LITRES, soit par m³ : 11 cc³ 4.

b) *Salles d'inhalations chaudes.*

Pour 25 cc³ sol N/100 d'iode mis en œuvre : 247 cc³ 9 sol N/1000 d'hyposulfite ont été nécessaires pour décolorer; ce qui correspond à 0 milligramme 0357.

Soit : 0 cc³ 030 pour cinq litres.

Soit 6 cc³ par m³.

La teneur en hydrogène sulfuré est donc moindre dans les salles d'inhalations chaudes que dans les salles d'inhalations froides. Cette différence peut tenir (D^r Revillet) à l'absorption de H²S par la vapeur d'eau condensée dans les salles d'inhalation.

lions chaudes. Il se pourrait qu'une oxydation plus active de H^2S , due à la température plus élevée, intervienne aussi pour diminuer la quantité de gaz libre. En tous cas, ces résultats concordent avec la clinique qui observe dans les salles d'inhalations chaudes des résultats moins brutaux et moins congestifs.

CHAPITRE III

PURETÉ DE L'EAU AU POINT DE VUE BACTÉRIOLOGIQUE

L'eau qui a servi à ces expériences a été prélevée, dans des bouteilles et des tubes stérilisés à l'autoclave, au robinet de la « source » alimenté, comme nous l'avons dit, par des pompes. L'opération faite dans les conditions habituelles d'aseptie a fourni une eau qui a étéensemencée une demi-heure après.

1 cc³ d'eau ainsi ensemencée sur gélose a donné après trois jours d'étuve à 37° sur 4 boîtes différentes .

19, 16, 15 et 15 colonies, ce qui fait une moyenne de 16 à 17 colonies au cc³.

D'autre part, on a ensemencé 1 cc³, 4 cc³, 10cc³ et 100 cc³ d'eau en bouillon phéniqué et porté ces cultures 24 heures à l'étuve à 42°. Au bout de ce temps, on n'observait aucun moiré par agitation des tubes.

Chacun des ensemencements a été, à son tour, réensemencé dans 1 tube de bouillon lactosé carbonaté et dans 1 tube de bouillon au rouge neutre : le tout, placé à l'étuve et surveillé pour observer les virages possibles, n'a donné, au bout de 24 heures, aucun virage dans les tubes au rouge neutre, aucun dégagement gazeux dans les tubes de bouillon lactosé, carbonaté. L'eau ne contient donc pas 10 colibacilles au litre.

Dans ces conditions, on peut conclure, tant par le petit nombre de colonies au cc³ que par l'absence de colibacilles, à la pureté de l'eau au point de vue bactériologique.

CHAPITRE IV

RECHERCHE DE LA RADIOACTIVITÉ

L'eau qui a servi à cette expérience a été prélevée le 26 novembre, à 6 heures $1/4$ du matin et mise en bouteilles de 1 litre bouchées et paraffinées. A l'occasion de ce prélèvement, nous avons remarqué que l'odeur d'hydrogène sulfuré était beaucoup moins sensible que pendant l'été. Il semble que cela soit dû à un renouvellement beaucoup moins intense de l'eau minérale. En effet, alors qu'en été 3 pompes aspirent l'eau de ce puits, seul un trop plein assure en hiver l'écoulement de l'eau. La pression exercée par la couche de liquide de 3 mètres d'eau qui séjourne dans le puits d'une façon continue semble s'opposer à la sortie abondante de l'eau minérale qui arrive par le fond du puits. L'été, au contraire, les pompes aspirent continuellement et le puits n'est jamais plein. Cette remarque étant faite, l'eau prélevée à 6 h. $1/4$ du matin a été examinée à Grenoble (Faculté des Sciences, laboratoire de physique), à 2 heures de l'après-midi, au moyen d'un appareil de mesure que nous allons décrire.

Cet appareil se compose :

- 1° D'un électroscope;
- 2° D'un cylindre métallique dit cylindre de déperdition;
- 3° D'un microscope qui sert à observer les variations de la divergence des feuilles de l'électroscope.

L'électroscope est constitué par une cage métallique, en forme de section de tube, limitée par deux glaces de verre à faces parallèles, recouvertes elles-mêmes intérieurement de toile métallique. A la partie inférieure, se trouve un col métallique dans lequel est mastiqué l'ambroïde destiné à isoler électriquement la feuille d'aluminium. L'ambroïde porte, le traversant de part en part, une tige métallique. Celle-ci se prolonge dans la cage de l'électroscope par une pièce en métal formant le support de la feuille d'aluminium et dans le cylindre de déperdition par une autre longue tige métallique qui constitue ainsi une électrode isolée. Une tige métallique traverse la paroi latérale dont elle est isolée par de l'ébonite. Cette tige peut coulisser suivant son axe, et être amenée en contact, soit avec le support de la feuille d'aluminium, soit avec la cage de l'électroscope.

Le cylindre de déperdition est un tube de cuivre nickelé fixé à la base de l'électroscope et muni de deux robinets, l'un en haut, l'autre en bas.

Le microscope mobile qui permet de viser la feuille d'aluminium est muni d'un micromètre oculaire.

L'un des robinets de la cage de déperdition est

mis en relation avec une trompe à vide; l'autre, avec un flacon barboteur contenant de l'acide sulfurique destiné à dessécher les gaz. Ce flacon laveur est lui-même, d'autre part, en relation, par une de ses tubulures, avec un grand flacon de 5 litres. Ce flacon, de grande capacité, est muni d'un bouchon à deux trous portant l'un, un tube de verre court, l'autre un deuxième tube long, lequel en relation avec l'extérieur peut être mis en communication avec n'importe quel récipient, au moyen d'un tube de caoutchouc. On introduit 3 litres d'eau ordinaire dans le grand flacon, l'extrémité du tube (b) plongeant dans un flacon d'eau ordinaire de 2 litres. On fait le vide dans la cage de déperdition. On agite longuement l'eau contenue dans la grande bouteille avec l'atmosphère la surmontant. On fait pénétrer cet atmosphère, qui barbote au passage dans SO_4H_2 , dans le cylindre de déperdition l'eau provenant de la bouteille D remplaçant en C l'atmosphère qui remplit le cylindre de déperdition (Fig. 1).

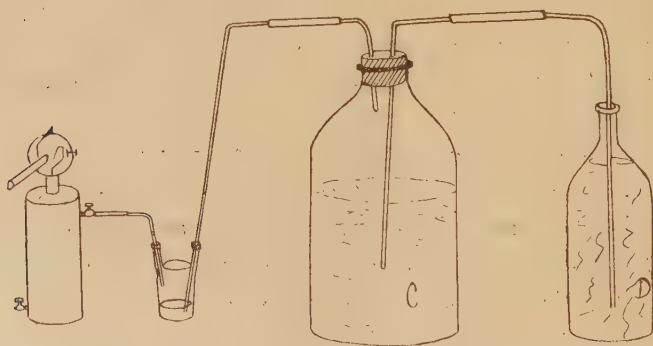


Fig. 1 — Dispositif adopté pour la recherche de la radioactivité.

On lit les variations de l'électroscope et on les porte sur une courbe (Fig. 2).

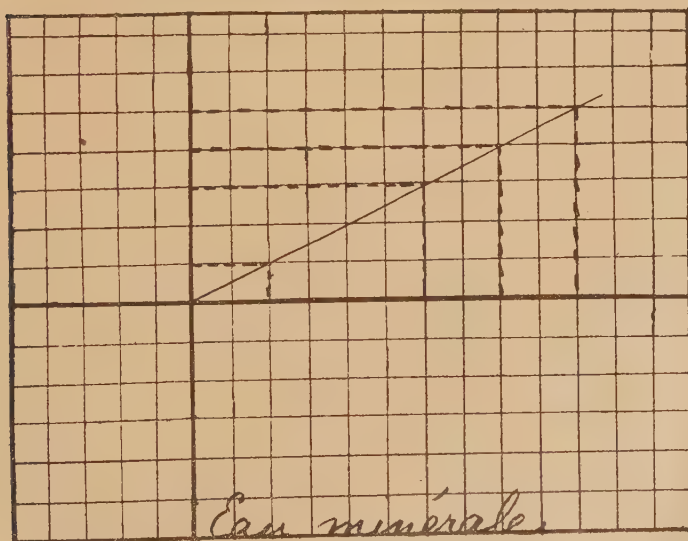
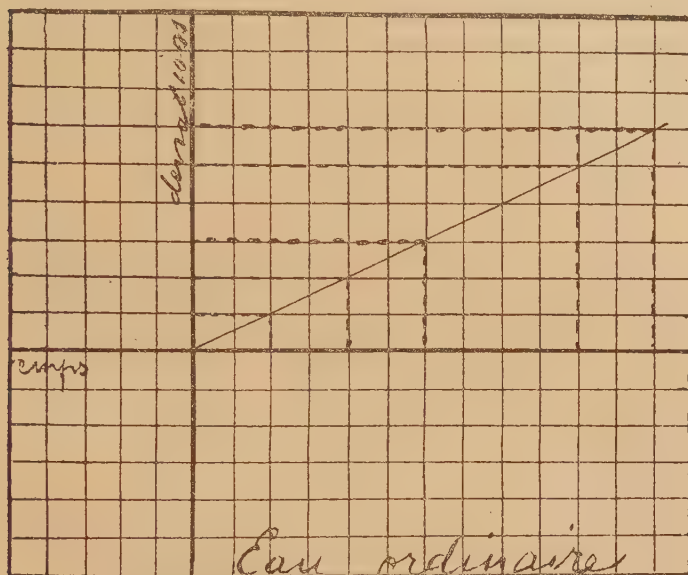


Fig. 2 — 2 millimètres = 1 minute — 5 millimètres = 1 division du micromètre.

L'expérience renouvelée en remplaçant dans tous les récipients l'eau ordinaire par l'eau minérale, donne une courbe dont l'angle est le même que celui obtenu dans l'expérience précédente. Il ressort de cette expérience que, — dans les conditions du moins de l'opération, — l'eau minérale ne contient pas d'émanation radioactive.

CHAPITRE V

⁽¹⁾ APPLICATION DES NOUVELLES MÉTHODES D'ANALYSE CHIMIQUES A LA RECHERCHE ET AU DOSAGE DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX DANS L'EAU D'ALLEVARD

A) - Dosage des éléments gazeux

L'eau prélevée à 10 heures du matin dans le puits dont les pompes étaient en plein fonctionnement a servi au dosage de H^2S et de CO^2 .

Hydrogène sulfuré. — Pour cela, à un volume connu de l'eau ainsi recueillie, on a ajouté immédiatement un excès connu de sol N/100 d'iode. Par l'hyposulfite de soude N/100, en présence d'empois d'amidon fraîchement préparé, on a dosé I resté libre, c'est-à-dire l'iode qui n'est pas

(1) Armand GAUTIER et Charles MOUREU, *Journ. de Pharmacie et de Chimie*, 7^e série, t. III, 1^{re} partie, pp. 281, 335 et 391.

passé à l'état d'acide iodhydrique sous l'influence de H^2S . Ceci d'après l'équation :



Dans ces conditions, on observe une teneur en H^2S correspondant à 0 gr. 0376, soit 24 cc³ 7 par litre.

CO² total. — L'eau à la source est recueillie sur un excès de solution d'azotate d'argent ammoniacal qui précipite les sulfures chlorurés, bromures, iodures, carbonates, le gaz carbonique à l'état de sels d'argent. Le précipité recueilli et lavé à l'eau distillée est introduit avec de l'eau distillée dans un ballon muni d'une ampoule à brome et d'un tube à dégagement. Le tube à dégagement plongeant lui-même dans un Eilenmeyer contenant de l'eau de baryte. Par l'ampoule à brome, on fait pénétrer petit à petit, pour éviter un dégagement tumultueux, de l'acide acétique qui libère CO^2 combiné à l'état de carbonate d'argent. On recueille le précipité de carbonate de baryte formé après avoir chauffé quelques instants et purgé l'appareil par un courant d'air privé au préalable de CO^2 . Ce précipité est dissous dans une quantité connue et en excès de HCl N/100. Par la soude en présence de phtaléine du phénol, on dose HCl resté libre d'où on tire CO^2 total = 0 gr. 341.

CO² des carbonates neutres. — Après avoir soumis l'eau à une ébullition prolongée qui chasse

CO² libre et des bicarbonates, on procède comme pour CO² total.

Dans ces conditions, on obtient pour ce CO² une valeur de 0 gr. 18 par litre.

B) - Dosage des éléments fixes existant en quantité considérable

Chlorures. — L'eau qui contient des traces d'iode a dû être traitée de la façon suivante pour éliminer cet halogène. A 100 cc³ d'eau on a ajouté 10 cc³ de sulfate de cuivre à 10 % et chauffé au bain-marie bouillant en faisant passer un courant de SO². On a filtré, pour éliminer l'iode et le bromure cuivreux qui ont pu se former et on a lavé. On a fait bouillir pour chasser SO² et titré le chlore par la méthode de Charpentier-Volhard. Pour cela, on a ajouté de l'acide azotique et un volume connu de NO³Ag N/10. On a agité et laissé reposer. En présence d'alun de fer, on a titré la quantité d'Ag non précipité par le sulfocyanate de potassium. De là, on a déduit la quantité de Cl qui était combiné à Ag et la quantité de Cl par litre égale ici : 0 gr. 333.

SO³. — On a précipité les sulfates, d'un volume connu d'eau, par le chlorure de baryum en présence d'acide chlorhydrique. Le précipité recueilli, lavé, séché, calciné en prenant soin d'éviter la réduction de SO⁴ Ba à l'état de BaS par les

matières organiques. Dans ces conditions, on trouve une teneur de 0 gr. 533 par litre.

Phosphates. — L'acide phosphorique donne, par le réactif nitro-molybdique un abondant précipité qu'on recueille et pèse. Le dosage a été effectué sur de l'eau dont on avait éliminé :

1° H^2S par ébullition (corps réducteur);

2° Les matières organiques possibles par calcination en milieu chlorhydrique;

3° La silice en reprenant le résidu calciné par HCl dilué.

On a trouvé $PO^4H^3=0$ gr. 0024.

Calcium. — L'eau a été débarrassée des métaux des groupes précédents par H^2S , NH^3 et $NH^4 Cl$, puis par NH^4SH . La solution a été soumise à l'ébullition et le calcium qui y était contenu a été précipité à l'état d'oxalate de calcium en milieu acétique. Le précipité recueilli, lavé soigneusement a été dissous dans HCl à 1/10 et dans cette solution ainsi obtenue, on a dosé, par le permanganate de potasse, l'acide oxalique qui s'était combiné à la chaux à l'état d'oxalate de chaux.

En opérant ainsi, l'eau d'Allevard accuse une teneur de $CaO=0$ gr. 252 par litre.

Magnésium. — Dans un volume connu d'eau débarrassée des métaux des six premiers groupes par NH^3 et $CO^3(NH^4)^2$ on a précipité la magnésie à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien par le phosphate de soude et l'ammoniaque. Le précipité

ainsi obtenu, lavé, séché et calciné a été transformé en pyrophosphate de magnésie que l'on a pesé. On en a déduit le poids magnésie. Mg par litre = 0 gr. 039.

Potassium. — Le principe de ce dosage repose sur l'insolubilité dans l'alcool du perchlorate de potasse. Pour qu'il ne reste plus dans la liqueur que des métaux alcalins, on a ajouté de l'eau de baryte à un volume exactement mesuré. d'eau minérale, on a fait bouillir et filtré le précipité. On a ajouté au liquide clair $\text{CO}^3(\text{NH}^4)^2$ qui a précipité la magnésie et l'excès de baryte. On a filtré, évaporé la solution claire, calciné pour chasser NH^3 . Le résidu a été repris par l'eau distillée et on a ajouté à la solution de l'acide perchlorique. Le précipité dû aux perchlorates alcalins a été recueilli sur un filtre qu'on a lavé à l'eau bouillante puis à l'alcool. Seul, le perchlorate de potasse reste sur le filtre, le perchlorate de soude étant soluble.

La quantité de perchlorate obtenue correspond à une teneur en potasisum de 0 gr. 00872 par litre.

Sodium. — L'alcool a dissous dans l'opération ci-dessus le perchlorate de soude; pour avoir le poids de sodium combiné on a évaporé la solution, puis calciné de manière à transformer ClO^4Na en NaCl . Du poids obtenu on a déduit la quantité de sodium :

Na par litre : 0 gr. 352.

C) - Recherche qualitative d'éléments existant à l'état de traces

Recherche du Bore. — Suivant la technique d'Agulhon (Th. Doct., es. sc. Paris, 1910), on transforme le bore en borate de méthyle par SO^4H^2 et HCH^2OH . Ce produit volatil est recueilli par distillation sur quelques gouttes de soude et décelé par le spectroscope.

Le résidu sec correspondant à 1 litre d'eau examiné dans ces conditions n'a pas donné la raie verte caractéristique du bore.

Recherche de l'Iode. — Le résidu de l'évaporation de 1/2 litre d'eau épuisé par l'alcool à 95° évaporé lui-même à sec, repris par l'eau, cette solution additionnée de SO^4H^2 et H^2O^2 abandonne par agitation avec du chloroforme un peu d'iode qui se reconnaît à la coloration rosée faible que prend ce dissolvant.

D) - Dosage des éléments existant à l'état de traces

Pour procéder à ces recherches, nous avons fait l'extrait sec de 20 litres d'eau à 100°.

Pour cela, on a évaporé de l'eau dans une grande capsule en porcelaine et par additions et

évaporations successives, les 20 litres ont été réduits à un volume de 400 cc. Ce résidu lui-même a été évaporé au bain-marie, à son tour dans une capsule en platine. On a ainsi obtenu un résidu qui correspond à 1 gr. 821 par litre.

On a pris alors un poids de résidu correspondant à 5 litres d'eau, soit 9 gr. 10. Cet extrait sec a été traité par HCl pur, repris par l'eau, évaporé à sec et chauffé à l'étuve pendant 6 heures à une température de 130°. Dans ces conditions, la silice est insolubilisée; on a repris par HCl au dixième, filtré et obtenu un résidu qui peut contenir la silice, l'acide titanique et le sulfate de baryte.

On dosera la silice par différence en la volatilisant par chauffe en présence de fluorhydrate d'ammoniaque et d'acide sulfurique.

Le poids de silice par litre correspondant au poids de produit volatilisé dans ces conditions est égal, pour l'eau, à 0 gr. 00616.

Mais la totalité des produits insolubles dans HCl n'a pas été volatilisée. Quelle est la nature du produit non volatil qui est resté dans la capsule de platine et qui pèse 11 milligrammes ?

Ce résidu, traité par HCl pur évaporé à sec, repris par de l'eau aiguisée d'HCl et centrifugé a été mis dans une capsule en platine, porté dans la flamme d'un brûleur et examiné au spectroscope. On y a trouvé les raies caractéristiques du *Strontium* correspondant à $\lambda = 605 \mu\mu, 8$ dans l'orangé et à $\lambda = 460 \mu\mu, 7$ dans le bleu.

Dosage du cuivre, procédé Maquenne et Demoussy (1920, *Bull. Soc. Chim. de France*, p. 267; 1919, *Bull. Soc. Chim. de France*, p. 272). La méthode peut se résumer ainsi :

1° Séparation du cuivre par électrolyse;

2° Dosage du cuivre en comparant l'intensité de coloration due à la formation d'un ferrocyanure de zinc et de cuivre dans la liqueur à examiner et dans une solution type.

Un certain nombre de précautions doivent être prises pour obtenir cette coloration bleue et non la formation du ferrocyanure de cuivre qui est rouge; il est nécessaire :

D'opérer en liqueur très acide.

D'ajouter d'abord le sulfate de zinc et en dernier lieu seulement le ferrocyanure.

L'acidification peut être faite au début ou à la fin, sans inconvénients.

Il est bon de remarquer que la formation de la coloration bleue est accompagnée d'un précipité; elle n'est pas due à la formation d'un composé colorant donnant une solution limpide et permettant aisément une comparaison colorimétrique, comme c'est le cas pour le fer et le manganèse.

Enfin, l'intensité de la coloration semble varier avec le temps.

Nous devons à la vérité de faire des réserves sur la provenance du cuivre, car les pompes ont certaines de leurs parties constituées par ce métal qui peut passer à l'état de traces en solution dans l'eau minérale.

Ces remarques étant faites, le cuivre a été dé-

celé dans l'eau d'Allevard et la quantité par litre évaluée à 20 millièmes de milligramme.

La liqueur qui a servi à l'électrolyse est alors additionnée de SO_4H^2 évaporée au bain-marie, puis au bain de sable jusqu'à apparition de fumées blanches. On reprend par l'eau acidulée par SO_4H^2 . Les métaux sont alors à l'état de sulfates, on filtre et la solution va servir au dosage du fer et du manganèse.

Dosage du fer par la méthode de Lapique (LAPIQUE, Thèse Faculté de Médecine de Paris, 1895).

Cette méthode s'applique à de petites quantités de fer et le dosage ne doit pas être effectué sur des quantités de fer supérieures à 1 milligramme.

Le procédé de dosage consiste à comparer la coloration obtenue, avec la solution qu'on essaie et le sulfocyanate d'ammoniaque et celle qu'on obtient dans les mêmes conditions, avec une solution titrée de sulfate ferrique obtenue suivant le procédé indiqué par Lapique. La comparaison est faite dans un colorimètre de Duboscq, avec lequel on fait, pour ainsi dire, une double pesée colorimétrique. En effet, on compare avec un verre rouge, la coloration obtenue avec la solution-type. On remplace alors, dans la cuve, cette solution-type par la solution à titrer et on la compare avec le même verre rouge.

La mesure opérée avec l'eau d'Allevard indique une teneur de 0 milligr. 260 de fer par litre. Cette solution doit être préparée pour qu'on puisse y effectuer le dosage du manganèse. Pour cela, il est

nécessaire, en effet, d'éliminer le sulfocyanate, et de se placer en milieu nitrique. Donc, on évapore à sec la solution, puis on reprend par l'eau acidulée par NO^3H . La solution est alors prête pour l'e:

Dosage du manganèse. — Le principe de cette méthode (1) repose sur la formation du permanganate que l'on produit en ajoutant du persulfate d'ammoniaque et quelques gouttes d'azotate d'argent (catalyseur, d'oxydation) à la solution où l'on suppose la présence de manganèse. La même opération effectuée sur une dilution de la solution titrée de manganèse (contenant 1 milligramme de manganèse par cc³) donne une coloration rose que l'on compare au colorimètre avec celle obtenue dans les mêmes conditions avec la solution provenant de l'eau minérale. La teneur en manganèse de l'eau d'Allevard est de 3 millièmes de milligramme 972.

Dans la solution provenant du dosage du manganèse, on ajoute un peu de NaCl pour éliminer l'argent; on concentre, puis additionne d'alcool pour précipiter tout le calcium à l'état de sulfate. On filtre, distille la liqueur alcoolique, puis chauffe jusqu'à départ de SO^4H^2 libre. Le résidu repris par HCl se trouve en milieu chlorhydrique nécessaire pour le dosage du zinc.

Dosage du zinc par la méthode de Javillier (JAVILLIER, Th. Doct. es. sc. Paris, 30 juin 1908).

(1) Gabriel BERTRAND, *Bull. Soc. Chim. France*, 1911, p. 370.

Le principe consiste à précipiter le zinc par la chaux à l'état de zincate de chaux, précipité qui doit se produire en milieu exempt de sels ammoniacaux d'où la nécessité de chauffer longtemps, avec un excès de chaux pure pour chasser l'ammoniaque.

Le précipité se forme en même temps que celui qui est dû à l'oxyde de cuivre, à la chaux libre, ou carbonatée. On dissout ce précipité dans l'acide chlorhydrique dilué, puis on précipite le zinc à l'état de sulfure en milieu acétique. Le sulfure dissous dans SO_4H_2 est desséché et pesé. Du poids de SO_4Zn anhydre ainsi obtenu, on déduit le poids du zinc contenu dans la substance examinée.

Pour obtenir un précipité bien pur de sulfure de zinc, il est nécessaire de tenir compte de la modification que font subir à la méthode MM. Hugounenq et Florence (*Bulletin de la Soc. de Chimie biologique* 1920). Elle consiste à introduire un peu de sulfate d'alumine qui, au moment de l'alcalinisation par NH_3 entraînera les traces de fer qui, différemment, resteraient dans la liqueur à l'état de solution colloïdale.

On obtient 0 milligr. 8 de SO_4Zn pour 10 litres, soit 0 milligr. 0324 de zinc par litre.

Dosage de l'arsenic. — Suivant les indications données par A. Gautier (*Bulletin de la Soc. Chim. de Paris*, année 1903, troisième série, tome XXIX) on précipite l'arsenic en l'entraînant par un précipité d'hydrate de peroxyde de fer, qu'on produit dans la solution à examiner, après avoir introduit

dans celle-ci une certaine quantité de solution de fer préparée dans des conditions fixées par l'auteur pour être bien exempte d'arsenic. Cet hydrate qui entraîne avec lui tout l'arsenic est dissous dans un peu d'acide sulfurique au $1/5$ et introduit petit à petit dans un appareil de Marsh monté et fonctionnant exactement comme l'indique A. Gautier dans ses divers mémoires; c'est-à-dire atmosphère d'hydrogène, coton interposé pour arrêter les particules liquides, tube de dégagement capillaire.

Voir à ce sujet :

Comptes rendus, t. LXXXI, p. 239; *Ann. de Chimie Phys.*, 5^e série, t. VIII, p. 384; *Comptes rendus*, t. CXXIX, pp. 929 et 936; t. CXXX, p. 284; t. CXXXIV, p. 1394; *Bulletin Soc. Chim.*, 3^e série, t. XXVII, p. 135 et 823.

L'anneau obtenu est comparé à une série d'anneaux témoins. Pour la commodité de l'observation, il est utile de faire la comparaison à la lumière diffuse. Dans ces conditions pour $1/2$ litre d'eau, l'anneau d'arsenic correspond à 1 centième de milligramme d'arsenic, soit par litre 2 centièmes de milligramme d'arsenic.

Résumé

Nous allons réunir tous les éléments dosés en un tableau et nous grouperons non plus en sels mais en ions, suivant les indications de Moureu

IONS POSITIFS-CATIONS

IONS NÉGATIFS-ANIONS

$$\text{Na} = 0,352.$$

$$\text{Cl} = 0,333.$$

$$\text{K} = 0,00872.$$

$$\text{I} = \text{traces.}$$

$$\text{Ca} = 0,180.$$

$$\text{CO}^3 = 0,245.$$

$$\text{Sr} = \text{traces.}$$

$$\text{SO}^4 = 0,6398.$$

$$\text{Mg} = 0,039.$$

$$\text{SiO}^3 = 0,0077.$$

$$\text{Fe} = 0 \text{ millig. } 26.$$

$$\text{PO}^4 = 0,0024.$$

$$\text{Mn} = 0 \text{ millig. } 00397.$$

$$\text{AsO}^4 = 0,035.$$

$$\text{Zn} = 0 \text{ millig. } 032.$$

Enfin, nous pouvons, à titre d'indication, faire un groupement hypothétique des éléments :

$$\text{SO}^4\text{K}^2 = 0,01945.$$

$$\text{SO}^4\text{Na}^2 = 0,93049.$$

$$\text{NaCl} = 0,1271.$$

$$\text{CaCl}^2 = 0,40.$$

$$(\text{PO}^4)^2\text{Ca}^3 = 0,00391.$$

$$\text{CO}^3\text{Ca} = 0,1759.$$

$$\text{CO}^3\text{Mg} = 0,1365.$$

$$\text{CO}^3\text{Fe} = 0,000543.$$

$$\text{CO}^3\text{Mn} = 0,00000821.$$

$$\text{CO}^3\text{Zn} = 0,000061.$$

$$\text{AsO}^4\text{H}^3 = 0 \text{ mill. } 038.$$

$$\text{SiO}^3 = 0,0077.$$

CHAPITRE VI

PHARMACODYNAMIE DE L'EAU D'ALLEVARD

La question de l'activité des eaux minérales, souvent difficile à rapporter à un seul corps et dans bien des cas difficile à expliquer, est ici singulièrement simplifiée. Du fait de l'instabilité de la solution des gaz dans l'eau et du traitement par la méthode des inhalations, il y a un certain nombre d'effets bienfaisants qu'il faut rapporter aux gaz et à eux seuls, puisque, dans ce mode de traitement ils sont séparés du reste de l'eau.

Quelle est donc l'action due à l'hydrogène sulfuré et au gaz carbonique ?

Nous avons vu que ces gaz sont très dilués dans l'atmosphère des salles d'inhalations, ils n'en produisent pas moins des effets très nets sur les malades pour lesquels nous n'avons qu'à nous en rapporter aux observations médicales.

« Ces inhalations, écrit le docteur Révillet, ont sur les centres circulatoires et respiratoires une ac-

tion des plus intéressantes; elles ralentissent les mouvements du cœur et le pouls dont la fréquence peut diminuer de 5 à 10 pulsations par minute; en même temps, la respiration se ralentit, les inspirations sont espacées et plus profondes; ce phénomène se manifeste surtout chez les malades dont le champ respiratoire est gêné et raccourci par de la bronchite chronique des bases, de l'emphysème ou de l'asthme ».

Le docteur Niepce note aussi que dans les salles d'inhalations, « la respiration devient facile, plus profonde et lente; la toux elle-même surexcitée quelquefois à l'entrée, participe au bien-être général. En même temps que la respiration devient plus ample et plus lente, le cœur se fait moins actif; les battements de cœur diminuent et les pulsations se ralentissent ». Cette action bienfaisante ne s'observe que si on ne prolonge pas trop l'inhalation — 20 minutes au maximum — car, au bien-être succèdent l'agitation, la sécheresse de la gorge, la toux, la pesanteur de tête, l'accélération du pouls et des mouvements respiratoires.

Voilà un tableau de phénomènes incontestablement dus aux éléments gazeux de l'eau minérale ? Quelle est l'action de chacun d'eux ? Le gaz carbonique est parmi les gaz anesthésiques et Raphaël Dubois en fait l'agent du sommeil des marmottes. MM. les professeurs Raymond, Brown Sequard, Simpson ont démontré l'action sédative des inhalations d'acide carbonique. M. le professeur Weill a établi l'action du gaz carbonique pour combattre la dyspnée. Toutes ces observations con-

cordent pour faire de CO^2 un analgésique et même un anesthésique des muqueuses.

L'hydrogène sulfuré, de son côté, pénétrant dans les alvéoles pulmonaires, modifie les sécrétions; « sous son influence, l'expectoration devient moins compacte, plus aérée, sa coloration de jaune verdâtre devient plus claire, la dyspnée s'améliore. L'action de ce gaz s'étend au système nerveux, puisque nous avons vu que des phénomènes de vertiges, tremblements, céphalalgie se produisent chez certains malades qui séjournent trop longtemps dans les salles d'inhalations.

Enfin, M. le professeur Pouchet accorde à l'hydrogène sulfuré de puissantes propriétés antiseptiques dont il faut, sans doute, tenir compte dans son action.

L'inhalation gazeuse froide nous permet bien de faire le départ entre l'action des éléments gazeux et des éléments fixes. Cela n'est pas absolu, puisque les modes d'absorption vont changer, mais du moins avons-nous là une précieuse indication.

Que se produit-il, en effet, lorsqu'un malade boit de l'eau. Les observations médicales des divers médecins traitants (docteur Revillet, docteur Niepce) concordent pour noter : 1° une augmentation de la sécrétion urinaire; 2° une augmentation du taux de l'urée; 3° une diminution de l'acidité urinaire concordant avec une élévation du taux des sulfates; 4° élimination du soufre par la peau et à la surface des muqueuses; 5° augmentation de l'activité hépatique (sécrétion de taurine et d'acide taurocholique.

Dans ce tableau clinique, un grand nombre des phénomènes observés peuvent et doivent être attribués à la présence de l'hydrogène sulfuré dans l'eau : en effet, c'est par lui que s'expliquent l'augmentation du taux des sulfates dans l'urine, la modification des sécrétions des glandes sudoripares, modification à la surface des muqueuses, la formation abondante de sels biliaires. Par la première des voies, c'est l'élimination du soufre oxydé et, par la deuxième, élimination de l'hydrogène sulfuré en nature, par la troisième utilisation du soufre à la synthèse de sels biliaires.

Voilà pour l'hydrogène sulfuré, mais les autres éléments ont-ils un rôle dans l'activité de l'eau ?

A doses modérées, le calcium agit sur le myocarde, accélère ses contractions. Or, en buvant l'eau d'Allevard, on ingère de petites quantités de sels de chaux auxquels on peut attribuer l'augmentation de la tension artérielle qu'on note chez les malades qui utilisent cette eau comme boisson. On remarquera que cette augmentation de la tension artérielle ne se produit pas avec les inhalations et il est logique d'attribuer cet effet à un élément fixe de l'eau et plus particulièrement au calcium.

Mais qualifierons-nous ces eaux d'arsenicales, sodiques ferrugineuses ? Nul n'y a jamais songé et c'est naturel, car dans la médication arsenicale la thérapeutique s'adresse, pour augmenter le poids de ses malades, améliorer l'état général, à d'autres doses qu'à des millièmes de milligrammes,

De même, c'est à la dose de dizaines de centigrammes que nous voyons le protaxalate de fer agir dans la chlorose et nous ne pouvons attendre de l'eau d'Allevard qui en contient $1/4$ de milligramme par litre, un effet antianémique.

Le même raisonnement vaudrait pour le potassium, le sodium, le manganèse.

Dans ces conditions, il pourrait paraître vain de s'être attaché à rechercher et doser des traces de ces éléments. Si nous l'avons fait, c'est que bien que l'on doive renoncer à attendre d'eux, dans ces conditions, les effets utilisés en thérapeutique, il se peut que, plus tard, à la lumière de nouvelles expériences, on leur découvre une action modificatrice de la nutrition qui tiendrait au rôle de catalyseurs que certains des ions constatés dans ces eaux seraient susceptibles de jouer. Il y a là, plus qu'une simple hypothèse. En effet, le fer n'agit pas seulement comme constituant de l'hémoglobine, mais comme excitant de l'hématopoïèse.

Ne voyons-nous pas le manganèse être absolument indispensable pour que l'activité de la lacase puisse se manifester et les expériences de G. Bertrand sont démonstratives et concluantes sur ce point.

Chassevant n'écrit-il pas : « Les récentes observations physiologiques semblent assigner un rôle important au manganèse dans le processus d'oxydation; les ferments oxydants de l'organisme en contiennent tous.

Enfin, Delezenne n'a-t-il pas prouvé que l'ac-

tion hémolysante des venins de serpents était proportionnelle à leur teneur en zinc ?

Les expériences sur le rôle des catalyseurs dans les phénomènes plastiques de la nutrition chez les animaux et chez l'homme ne sont pas encore assez avancées pour qu'on puisse se faire une opinion précise de l'action de chacun des ions, mais étant donné la parenté entre les phénomènes qui se passent dans les végétaux et chez les animaux sur laquelle Claude Bernard (1) avait déjà attiré l'attention, on peut supposer que certains ions jouent sur la nutrition de l'homme un rôle comparable à celui découvert chez les végétaux.

Pour les plantes (2), la suppression du soufre et du fer entraîne la disparition de la chlorophylle. Il suffit de traces de fer pour faire reverdir les plantes.

Des traces de manganèse favorisent le développement des plantes. Un excès de manganèse produit des effets toxiques (BERTRAND et JAVILLIER, 1911).

L'intérêt du zinc a été mis en évidence par Raulin dans son étude sur le développement de l'*Aspergillus niger*. Sans zinc dans le liquide nutritif, développement mauvais (25 millièmes de milligramme suffisent pour que le rendement de la récolte soit augmenté dans la proportion de 4,6 pour 1.

(1) CL. BERNARD, *Phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*.

(2) C. ANDRÉ, *Chimie agricole*.

Enfin, le magnésium est un constituant prédominant des tissus hautement différenciés, principalement du tissu nerveux.

Si nous nous en reportons au docteur Achaïne dans son livre *Electronie et biologie*, nous trouvons indiqué le rôle des éléments minéraux qui ne sont pas là, comme on l'a cru très longtemps, simplement pour maintenir l'isotonie des liquides. Leur rôle, plus caché souvent, n'est pas moins important et l'auteur nous rappelle :

1° Le rôle du potassium dans la formation de la chlorophylle et son fonctionnement dans la constitution des hématies des cellules musculaires et nerveuses;

2° Le caractère indispensable du magnésium sans lequel toute vie végétale est impossible. Il note l'abondance de ce métal dans les organes génitaux mâles et lui attribue un rôle dans les fonctions de nutrition;

3° L'utilité du calcium dans les phénomènes de coagulation (presure, sang);

4° L'action du fer et du manganèse dans la fonction chlorophyllienne et dans tous les phénomènes d'oxydation;

5° La présence constante, dans certains tissus, de l'arsenic, qui semble indispensable à la vie;

6° Les expériences de Raulin sur le rôle du zinc dans les cultures d'*aspergillus* et celles d'Agulhon sur la présence du bore dans les végétaux.

Certains de ces faits mettent en évidence une activité des métaux qu'on peut qualifier de catalytique puisqu'elle est hors de proportion avec le poids de matière mise en œuvre. Dans ces conditions, est-il prématuré d'essayer d'attribuer un rôle à ces éléments dans l'activité des eaux minérales et plus particulièrement n'est-il pas permis de rapprocher l'action oxydante du manganèse, de l'augmentation du taux de l'urée, donc de l'oxydation chez les malades qui absorbent l'eau d'Allevard ?

CONCLUSIONS

I. — L'eau minérale d'Allevard perd, dans son transport par les conduites, une partie de ses éléments gazeux.

II. — Elle est bactériologiquement pure.

III. — Elle semble dépourvue de propriétés radioactives.

IV. — La majeure partie de son activité semble due à ses éléments gazeux.

$H^2S = 0 \text{ gr. } 0376.$

CO^2 libre et des bicarbonates = 0 gr. 161.

La teneur en composés minéraux fixes est, d'après nos déterminations, la suivante :

ANIONS

Cl = 0,333.

I = traces.

CO³ = 0,245.

SO⁴ = 0,6398.

SiO³ = 0,0077.

PO⁴ = 0,0024.

AsO⁴ = 0,035.

CATIONS

Na = 0,352.

K = 0,00872.

Ca = 0,180.

Sr = traces.

Mg = 0,039.

Fe = 0 milligr. 26.

Mn = 0 milligr. 00397.

Zn = 0 milligr. 032.

VU : LE DOYEN,

Jean LÉPINE.

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

D^r Albert MOREL.

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 14 janvier 1921.

POUR LE RECTEUR ET PAR DÉLÉGATION :

LE VICE-PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,

Albert WADDINGTON.

BIBLIOGRAPHIE

- Armand GAUTIER et Charles MOUREU. — *Journ. de Pharmacie et de Chimie*, 7^e série, t. III, 1^{re} partie, pp. 281, 335 et 391.
- Charles MOUREU. — *Journ. de Chimie physique*, t. II (1913), p. 78.
- D^r REVILLET. — Les eaux sulfhydriques gazeuses d'Allevard.
- DE LAUNAY. — Recherche, captage et aménagement des sources thermo-minérales, 1899.
- G. BERTRAND. — *Bulletin Soc. Chimique de France*, p. 370, 1911. Dosage du manganèse.
- MAQUENNE et DEMOUSSY, 1920. — *Bull. Soc. Chim. de France*, p. 267. Dosage du cuivre.
- JAVILLIER. — Thèse de doctorat ès-sciences, 30 juin 1908, Paris. *Dosage du zinc*.
- HUGOUNENQ et FLORENCE. — *Bulletin de la Société de Chimie biologique*, 1920.
- AGULHON. — Le bore dans les végétaux, thèse de doctorat ès-sciences naturelles, Paris, 1910. — *Annales de l'Institut Pasteur*, tome XXIV, pp. 321-329, avril 1910.

LAPIQUE. — Thèse doctorat en médecine, Paris, 1895.

A. GAUTIER. — Dosage dans quantités les plus faibles d'arsenic, *Bulletin Société Chimique de Paris*, 1903, III^e série, tome XXIX; *Comptes rendus*, t. LXXXI, page 239; *Annales de Chimie et de Physique*, 5^e série, t. VIII, p. 384; *Comptes rendus*, t. CXXIX, pp. 929 et 936, t. CXXX, p. 284, t. CXXXIV, p. 1394; *Bulletin de la Soc. Chim.*, 3^e série, t. XXVII, pp. 135 et 823.

D^r REVILLET. — *Journal des médecins praticiens de Lyon et de la région*, 15 juillet 1911 : les eaux d'Allevard et leurs principales indications.

D^r NIEPCE. — Etude sur l'eau sulfhydrique gazeuse d'Allevard.

A. CHATAING. — Etude sur les eaux d'Allevard.

ACHALME. — Electronie et biologie.

D^r J. LAURE. — L'eau d'Allevard et les stations d'hiver au point de vue des maladies des poumons.

DUPASQUIER. — Histoire chimique, médicale et topographique de l'eau minérale sulfureuse, et de l'établissement thermal d'Allevard (1841).

TOULOUSE

E.-H. GUITARD, Libraire-Editeur

Ancienne Librairie Marqueste

